



T.C.

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA DAĞILIM
GÖSTEREN YAPRAK BİTİ TÜRLERİNİN KARYOTİP VARYASYONLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sümeyye Betül ŞAHİN

ARALIK, 2023

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA DAĞILIM
GÖSTEREN YAPRAK BİTİ TÜRLERİNİN KARYOTİP VARYASYONLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sümeyye Betül ŞAHİN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Özhan ŞENOL

ARALIK, 2023

Sümeyye Betül ŞAHİN tarafından **Dr. Öğr. Üyesi Özhan ŞENOL** danışmanlığında hazırlanan “**Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Kampüs Alanında Dağılım Gösteren Yaprak Biti Türlerinin Karyotip Varyasyonlarının Değerlendirilmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoteknoloji** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Zübeyde KUMBIÇAK
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Üye : Prof. Dr. Teoman KANKILIÇ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Biyoteknoloji Bölümü

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Özhan ŞENOL
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Biyoteknoloji Bölümü

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../2024

Prof. Dr. Mustafa KARATEPE
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



İmza
Sümeyye Betül ŞAHİN

ÖZET

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA DAĞILIM GÖSTEREN YAPRAK BİTİ TÜRLERİNİN KARYOTİP VARYASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ŞAHİN, Sümeyye Betül
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoteknoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Özhan ŞENOL

Ocak 2024, 38 sayfa

Yaprak bitleri Dünya’da yaklaşık 6000 türle temsil edilirken, ülkemizde ise 671 türle temsil edilmektedir. Doğrudan bitki öz suyu ile beslenerek değil, aynı zamanda çok sayıda bitki virüsünün aktif vektörü olarak da çeşitli yollarla birçok farklı konak bitki türünü enfekte etmektedir. Çalışmada farklı konak bitkilerden 15 örneklem yapılmıştır, ancak kromozomal veriler sadece altı canlı yetişkin dişiden elde edilebilmiştir. Karyotip çalışmaları için preparasyon işlemleri partenogenetik dişi vivipar bireyler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen araştırmada Niğde Ömer Halisdemir Ünivertesesi kampüs alanında dağılım gösteren ve farklı konak bitkiler üzerinde beslenen yaprak bitlerinin karyotip analizlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. *C.curvipes* ve *A.ilka*’nın karyotip verileri sırasıyla $2n=10$ ve $2n=8+X$ olarak ilk kez bu çalışmada verilmiştir. Türkiye’nin coğrafi konumu ve sahip olduğu farklı iklim kuşakları göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde dağılışı gösteren yaprak biti kromozomal varyasyonlarının da oldukça çeşitlilik göstereceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Afit, Hemiptera, karyotip, Niğde, Türkiye

SUMMARY

THE EVALUATION OF KARYOTYPE VARIATIONS OF APHIDS THAT DISTRIBUTED IN NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR UNİVERSİTY CAMPUS AREA

ŞAHİN, Sümeyye Betül

Nigde Omer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Assist. Dr. Özhan ŞENOL

December 2023, 38 pages

While approximately 6000 aphid species are represented worldwide, it is represented by 671 species in our country. It infects many different host plant species in various ways, not only by feeding directly on plant sap, but also as an active vector of numerous plant viruses. In this study, 15 specimens from different host plants were sampled, but chromosomal data could only be obtained from six live adult females. Preparations for karyotype studies were carried out on parthenogenetic female viviparous individuals. In this study, it was aimed to carry out karyotype analyses of aphids distributed in the campus area of Niğde Ömer Halisdemir University and feeding on different host plants. The karyotype data of *C.curvipes* and *A.ilka* were given for the first time in this study as $2n=10$ and $2n=8+X$, respectively. Considering the geographical location of Turkey and the different climatic zones it has, it is thought that the chromosomal variations of aphids distributed in our country will be quite diverse.

Keywords: Aphid, Hemiptera, karyotype, Nigde, Türkiye

ÖN SÖZ

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında 15 farklı konak bitki üzerinden elde edilen yaprak bitlerinin karyolojik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma neticesinde altı türe ait karyotip verisi elde edilerek, değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu çalışma yaprak bitlerinin karyotipleri üzerine ülkemizde gerçekleştirilen ilk çalışma niteliğindedir.

Çalışmalarına ve araştırmalarına rehberlik eden, bilgisini, birikimini ve her türlü konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özhan ŞENOL'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca çalışmam sırasında bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan ve gerek Tez yazım aşamasında gerekse istatistik analizlerin yorumlanmasında yardımda bulunan değerli hocam Sayın Prof.Dr. Teoman KANKILIÇ ve Prof.Dr. Gazi GÖRÜR'e teşekkürü bir borç bilirim. Desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Hatice ÖZÜLKÜ, Gizem BAŞER, Ebru DAĞ, Hatice Nur DALAN ve Asena Ayten ARSLAN'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her daim yanımda bulunan bu çalışmaya teşvik eden sevgili ailem babam Şemsettin ŞAHİN, annem Zübeyde ŞAHİN ve abilerim Taha ŞAHİN ile Hüseyin ŞAHİN'e ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1 Yaprak Bitlerinin Genel Özellikleri.....	1
1.2 Literatür Özeti.....	5
BÖLÜM II	9
GENEL BİLGİLER	9
2.1 Afitlerde Partenogenez	9
2.2 Kromozomlar	12
2.3 Kromatinler	12
2.4 Metafaz Aşamasında Kromozomlar	13
2.4.1 Kromatitler.....	14
2.4.2 Sentromer.....	14
2.5 Karyotip	16
2.6 Holosentrik Kromozomlar	17
2.7 Holosentrik Kromozomların Yapısı.....	18
2.8 Eklembacaklılarda Holosentrik Kromozomlar	20
BÖLÜM III	21
MATERYAL VE METOT	21
BÖLÜM IV	23
BULGULAR.....	23
4.1 <i>Acyrtosiphon (Acyrtosiphon) ilka</i> Mordvilko	23
4.2 <i>Aphis (Aphis) spiraecola</i> Patch.....	24
4.3 <i>Brachycaudus (Brachycaudus) helichrysi</i> (Kaltenbach)	25

4.4 <i>Cinara (Cinara) curvipes</i> (Patch)	26
4.5 <i>Macrosiphum (Macrosiphum) rosae</i> (Linnaeus)	28
4.6 <i>Pterochloroides persicae</i> (Cholodkovsky)	29
BÖLÜM V	30
SONUÇ VE TARTIŞMA	30
KAYNAKLAR	33
ÖZ GEÇMİŞ	38



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yaprak bitlerinin yaşam döngüleri	11
Çizelge 3.1. Çalışmada değerlendirilen örneklere ve yaprak biti popülasyonlarının karınca ile birlikte bulunma durumları.....	21



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yaprak bitlerinde tipik bir heteroekiyus yaşam döngüsünün gösterimi	2
Şekil 1.2. Yaprak bitlerinde tipik bir monoekiyus yaşam döngüsünün gösterimi	3
Şekil 2.1. Bir metafaz kromozomunun yapısı	13
Şekil 2.2. Hücre döngüsünün farklı aşamalarında kromatin ipliklerinin yoğunlaşma ve yoğunlaşma döngüsünün gösterimi	14
Şekil 2.3. Sentromerin kromozomlar üzerindeki konumuna göre, kromozomların sınıflandırılmasının gösterimi	15
Şekil 2.4. Monosentrik ve Holosentrik kromozomların gösterimi	19
Şekil 2.5. Monosentrik ve Holosentrik kromozomlarda kırılma meydana geldiğinde görülen farklılıkların gösterimi	19
Şekil 4.1. <i>Acyrtosiphon ilka</i> 'nın karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram	23
Şekil 4.2. <i>Aphis spiraecola</i> 'nın karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram	25
Şekil 4.3. <i>Brachycaudus helichrysi</i> 'nin karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram	26
Şekil 4.4. <i>Cinara curvipes</i> 'in karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram	27
Şekil 4.5. <i>Macrosiphum rosae</i> 'nin karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram	28
Şekil 4.6. <i>Pterochloroides persicae</i> 'nin karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram	29

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 4.1. <i>A.spiraecola</i> 'nın <i>Hibiscus</i> sp.'nin çiçek tomurcuğunda beslenirken görüntüsü	24
Fotoğraf 4.2. <i>B.helichrysi</i> 'nin <i>Lepidium latifolium</i> 'un yaprak altında beslenirken görüntüsü	26
Fotoğraf 4.3. <i>C.curvipes</i> 'in <i>Cedrus</i> sp.'nin dalında beslenirken görüntüsü	27
Fotoğraf 4.4. <i>M.rosae</i> 'nin <i>Rosa</i> sp.'nin tomurcukları üzerinde beslenirken görüntüsü .	28
Fotoğraf 4.5. <i>P.persicae</i> 'nin <i>Prunus cerasifera</i> 'nın dalında beslenirken görüntüsü.....	29

BÖLÜM I

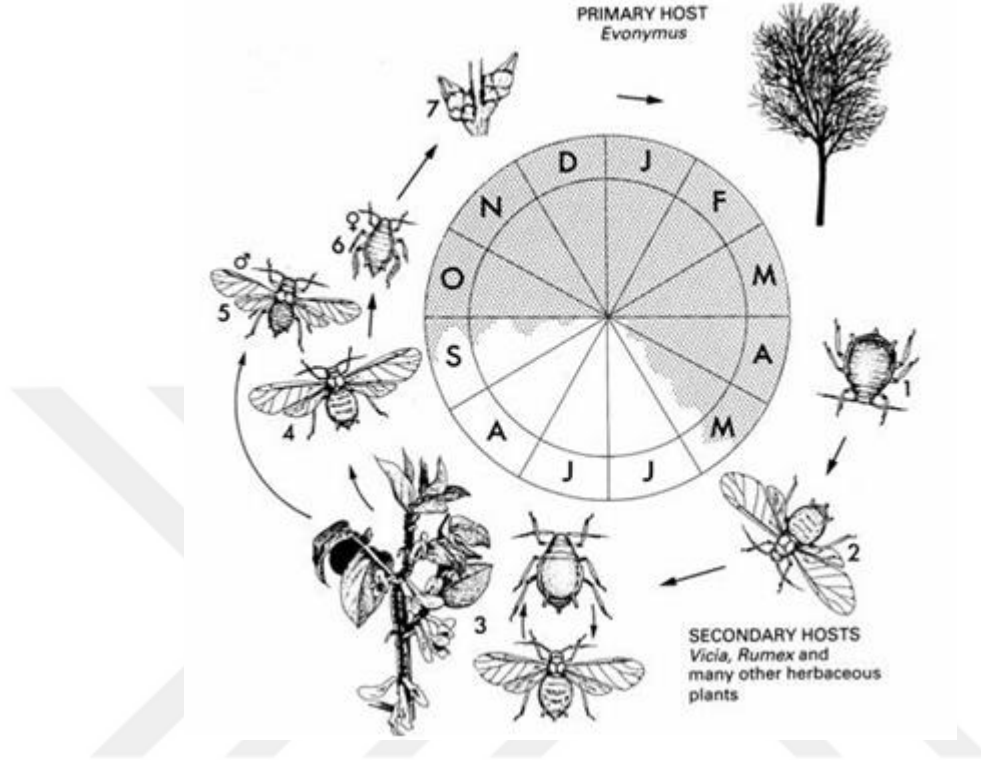
GİRİŞ

1.1 Yaprak Bitlerinin Genel Özellikleri

Yaprak bitleri fosil kayıtları yaklaşık 200-210 milyon yıl öncesine, Triasik devirlere dayanan atasal bir böcek grubudur. Günümüze kadar tropik ve subtropik bölgeleri de içeren dünyanın hemen her yerinde görülen yaprak bitleri Dünya’da yaklaşık 6000 türle temsil edilirken, ülkemizde ise 671 türle temsil edilmektedir (Sharakov, 2014; Simon vd., 2021; Görür vd., 2023). Doğrudan bitki öz suyu ile beslenerek değil, aynı zamanda çok sayıda bitki virüsünün aktif vektörü olarak da çeşitli yollarla birçok farklı konak bitki türünü enfekte etmektedir. Yaklaşık 450 tür, otsul konak bitkilerden kaydedilmiştir, ancak bu türlerden sadece 100’ü ekonomik öneme sahip olarak değerlendirilmektedir. Yaprak bitleri bir veya birkaç yakın akraba konak bitki türüyle ilişkilidir ve %99’u konak bitki spesifiktir. Yaklaşık %10’u mevsimlere göre düzenli olarak iki konak bitki türü (birincil ve ikincil konak) arasında geçiş yapar (Potan ve Gautam 2019; Kumari vd., 2022). Yaprak biti yaşam döngüleri aynı türün morfolojik olarak farklı formlarının art arda gelmesini içerebilecek şekilde oldukça karmaşıktır. Yaprak biti yaşam döngülerinin temel özellikleri şunlardır;

- Aphidoidea'nın çeşitli familyaları ve alt familyalarının her biri, karakteristik yaşam döngülerine sahiptir.
- Tam bir yaşam döngüsü tipik olarak bir eşeyli nesli ve sadece partenogenetik dişilerin olduğu birkaç nesilden oluşur. Bu döngüsel partenogenez olgusu yaprak biti biyolojisinin temel bir özelliğidir.
- Daha eski aileler olan Adelgidae ve Phylloxeridae'de hem eşeyli hem de partenogenetik dişiler yumurtalardan çıkar (ovipar), ancak Aphididae'de partenogenetik dişiler her zaman canlı yavrular doğurur (vivipar).
- Daha karmaşık yaşam döngüleri konak değişimini içerir ve bu yaşam döngüsü heteroekiyus olarak ifade edilmektedir (Şekil 1.1.). Heteroekiyus yaprak bitlerinde eşeyler çiftleşir ve döllenmiş yumurtalar birincil konak olan bir ağaç veya çalıya bırakılır, ancak yaşam döngüsünün bir aşamasında otsu veya odunsu

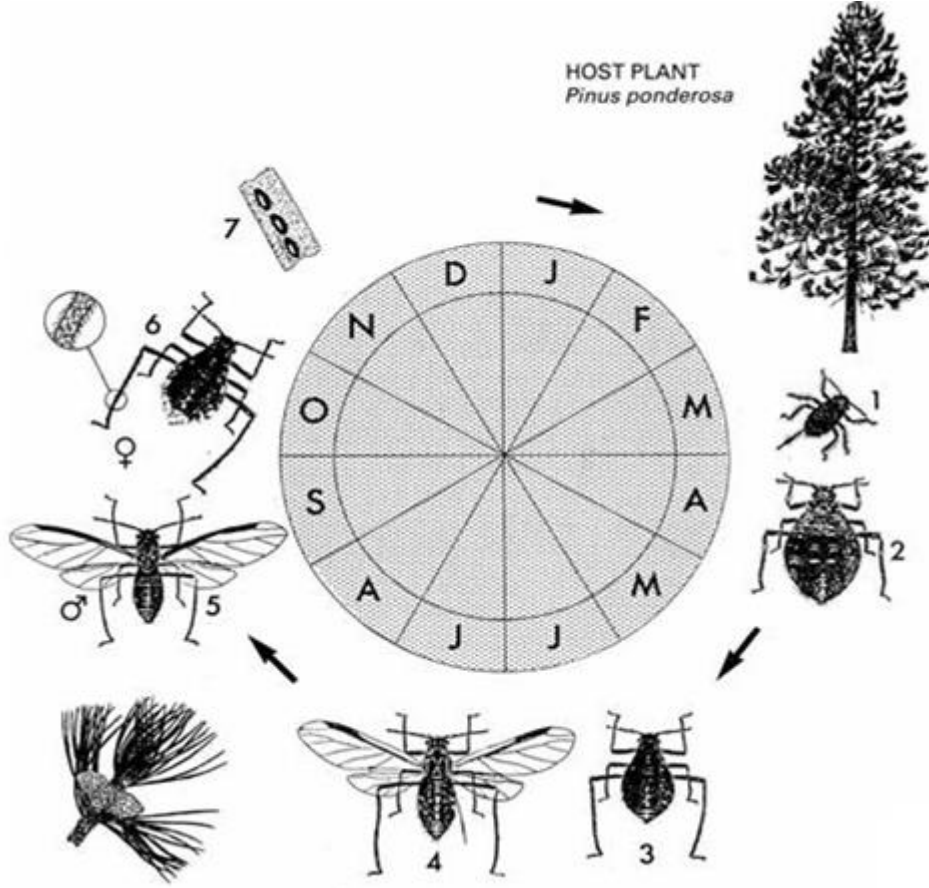
olabilen tamamen farklı bir gruptan başka bir bitkiye (ikincil konak) düzenli bir göç gerçekleşir. İkincil konakta sadece partenogenetik nesiller meydana gelir ve bir sonraki eşeyli nesilden önce birincil konağa göç davranışı görülür.



Şekil 1.1. Yaprak bitlerinde tipik bir heteroekiyus yaşam döngüsünün gösterimi

- Konak değişimi Aphidoidea'da bağımsız olarak birkaç kez evrimleştiğinden, aile ve alt aile düzeylerinde bunun gerçekleştirilme biçiminde önemli farklılıklar görülmektedir. Bu bir yıllık bir döngünün parçası olarak gerçekleşebilir (tüm Aphidinae, çoğu Hormaphidinae, Pemphigini, Eriosomatini üyeleri) veya tam döngü iki yıl sürebilir. Bazı Hormaphidinae türlerinin birincil konakları üzerinde 2-5 yıllık uzun bir süreyi oluşturdukları gallerde geçirdiği kaydedilmiştir. Yaprak bitlerinin büyük çoğunluğu, yaşam döngülerinin hem eşeyli hem de partenogenetik aşamalarını tek bir konak bitkide geçirir. Bu durum monoekiyus olarak adlandırılmaktadır (şekil 1.2.), mesela Calaphidinae, Drepanosiphinae, Chaitophorinae, Greenideinae ve Lachninae'de konak değişimi yoktur. Monoekiyus yaprak bitlerinin genellikle daha az sayıda varyantları vardır ve varyantlar arasında heteroekiyus yaprak bitlerine göre daha küçük farklılıklar oluşmaktadır, ancak önemli mevsimsel varyasyonlar olabilir.

- Bazı yaprak biti türleri yaşam döngüsünün eşeyli kısmını kaybetmiştir; yani anholosikliklidir. Bazı türler tamamen anholosikliklidir ve bilinen hiçbir eşey varyantına sahip değildirler. Örneğin *Tuberolachnus salignus*, *Pineus boernerii*, *Myzus ascalonicus* bu şekilde yaşam döngüsüne sahiptir. Diğer bazı türler ise sıcak iklimlerde anholosiklik ve soğuk ılıman bölgelerde holosiklik olabilir. Örneğin *Eulachnus rileyi*, *Myzus persicae* bu şekilde yaşam döngüsüne sahiptir.



Şekil 1.2. Yaprak bitlerinde tipik bir monoekiyus yaşam döngüsünün gösterimi

- Bazı türlerin populasyonları ılıman iklimlerde hem eşeyli hem de partenogenetik üreme davranışlarını sürdürür, eşeyli dişiler verirken, aynı zamanda partenogenetik dişiler vermeye devam edebilirler. Mesala; birçok Greenideinae üyesi bu şekilde bir döngüye sahiptir. Heteroekiyus yaprak bitlerinin anholosiklik populasyonları birincil konak bitki ile bağlantılarını kaybeder ve tüm yıl boyunca ikincil konak bitkiler üzerinde partenogenetik olarak nesil verirler.

Yaprak biti türlerinin çoğunluğu kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde dağılışı göstermektedir. Henüz net olmayan nedenlerden dolayı, tropik ağaçlarda yaprak bitlerine günümüze kadar neredeyse hiç rastlanmamıştır (Görür vd., 2023; Blackman ve Eastop, 2023). Tarımsal açıdan önemli türler çoğunlukla Aphidinae alt familyasıdır, bu durum sadece en büyük alt familya olmasından değil, aynı zamanda otsu bitkilerle beslenen türleri yüksek oranda içerdiğinden kaynaklanmaktadır. Calaphidinae ve Lachninae üyelerinde olduğu gibi bazı gruplar ise sadece odunsu bitkileri konak olarak tercih etmektedir. Afitler apomiktik partenogenezi kapsayan kompleks yaşam döngüleri, çevresel faktörlerden etkilenen polimorfizm ve teleskopik jenerasyon göstermeleriyle araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Srinivasan ve Brisson, 2012). Ekonomik öneme sahip bazı türler morfolojik olarak birbirlerine oldukça benzer olduğundan, türlerin taksonomik ayrımı konusunda zorluklar görülebilmektedir. Yaprak bitlerinin sitogenetik yönlerinin araştırılması, yakın ilişkili şüpheli türlerin ayrımında karyotipik farklılıklardan elde edilen kanıtları destekleyerek, taksonomik çalışmalara katkı sağlamaktadır. Üst taksonomik kategorilerdeki farklı türlerin kromozomal varyasyonlarına ilişkin kapsamlı çalışmalardan elde edilen veriler, türlerin doğal ilişkilerinin yanı sıra, olası filogenik geçmişlerinin açıklığa kavuşturulmasında katkı sağlamaktadır. Yaprak bitleri arasındaki karyotipik varyasyon aralığı geniştir. Bazen tek bir cins birkaç karyotipe sahip olabilirken, uzak akraba türler de aynı karyotip özelliklerine sahip olabilmektedir. Çoğu Hemiptera üyesi gibi, yaprak bitlerinin de holosentrik kromozomları vardır. Sitogenetik çalışmalar için, yaprak bitleri ilginç bir model sağlar, çünkü mitotik anafaz sırasında kromatitler paralel olarak ayrılır ve genellikle monosentrik kromozomların hareketi sırasında gözlenen klasik V-şekilli formu oluşturmazlar. Bununla birlikte, karyotip analizleri için holosentrik kromozomlar birincil ve/veya ikincil daralmalardan yoksun olması önemli bir dezavantajdır, bu nedenle geleneksel olarak boyanmış preparasyonlarda homologlar sadece boyutlarına göre tanınabilir (Blackman, 1980; Brown ve Blackman, 1988; Monti vd., 2012; Rivi vd., 2012). Holosentrik kromozomların sentromerleri yoktur: bunun yerine sentromerik aktivite kromozomların tüm uzunluğu boyunca yayılır. Yaprak biti kromozomlarının holosentrik doğası, kromozomal evrim için derin etkilere sahiptir. Kromozomal evrim, bir sentromere sahip füzyon ve parçalanma olaylarıyla sınırlı olduğu lokalize sentromerlere sahip organizmaların aksine, holosentrik kromozomlar uzunlukları boyunca birçok noktada parçalanma ve kararlı ayrışma ürünleri üretme potansiyeline sahiptir (Dhatwalia ve Gautam, 2009). Klasik ve moleküler sitogenetik, kromozomların

yapısal, işlevsel ve evrimsel analizi için entegre bir yaklaşım sağlar. Bugüne kadar, kromatin yapısı ve organizasyonu ile ilgili hemen hemen tüm çalışmalar, monosentrik kromozomlar üzerinde yoğunlaşırken, holosentrik kromozomlarla ilgili veriler yetersizdir. Embriyonik dokularından mitotik kromozomların kolaylıkla elde edilebilmeleriyle, monosentrik kromozomlara nazaran farklılık veya benzerliklerin anlaşılabilmesi açısından, holosentrik kromozomların yapısının daha iyi anlaşılması için yaprak bitleri iyi bir model organizmadır. Holosentrik kromozomlara sahip organizmalarda kromozomal belirteçlerin tanımlanması son derece önemlidir, çünkü birincil bir daralmanın olmaması, net bir bantlama modeli elde etmenin zorluğuyla birlikte, böyle tuhaf bir kromatin organizasyonuna sahip türlerde sitogenetik çalışmaları büyük ölçüde engellemektir. Yaprak bitleriyle ilgili sitogenetik çalışmalara karşı araştırmacıların ilgisi, genomlarıyla ilgili bilgilerin sadece bilimsel açıdan değil aynı zamanda ekonomik açıdan da önemli olabileceği yaklaşımıyla giderek artmaktadır (Wilson vd., 2003).

Yaprak biti kromozom sayılarının evrimsel etkilerine ilişkin değerlendirmeler, çok az sayıda tür hakkındaki bilgilere dayanmaktadır. Bu nedenle, i. Aphididae içinde her sistematik düzeyde kromozom sayısında meydana gelen varyasyonları gözden geçirilmesi ve bu bilgilerin ne ölçüde olduğunun tartışılmasının ileride gerçekleştirilecek çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Türkiye’de dağılım gösteren yaprak bitlerinin karyotiplerinin değerlendirilmesiyle ilgili daha önce kapsamlı araştırma bulunmaması açısından yapılan çalışma önemlidir ve Niğde Ömer Halisdemir Ünivertesini kampüs alanında dağılım gösteren ve bu çalışmada farklı konak bitkiler üzerinde beslenen yaprak bitlerinin karyotip analizlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Özeti

Blackman (1980) yaptığı çalışmada 180 yaprak biti türüne ait karyotip araştırması yaparak, dişi bireylere ait diploid kromozom sayısı ve yapısı hakkında bilgi vermiştir. Yaprak bitlerinde tür içi karyotip varyasyonu ve heteroekiyus yaşam döngüsünün eşeyli fazını kısmen veya tamamen terk eden türlerde yaygın olduğunu belirtmiştir. Genellikle, karyotipin bir cins içinde özellikle sabit olduğunu, ancak çok az eşlik eden morfolojik değişikliklerle birlikte otozom ayrışmasıyla kromozom sayısında önemli bir evrimsel

çeşitliliğin meydana geldiğini ve bazı önemli istisnalar (örneğin Amphorophora) olduğunu değerlendirmiştir. Araştırmacı birkaç cinsten makroskopik kromozom morfolojisindeki farklılıkların taksonomistler için faydalı bilgiler sağlayabileceğini belirtmiştir. Çalışmada, *Trama* ve *Neotrama* üyelerinin karyotiplerinin *Protrama*'nınkinden oldukça farklı olduğunu, kromozomların küçük ve büyük boyutlarda, önemli ölçüde yapısal heterozigotluk ve büyük miktarda yapısal heterokromatinlik durumuna sahip olduğunu gözlemlemiştir.

Blackman vd. (1987), gerçekleştirdikleri çalışmada Amerika, İngiltere, Japonya, Kolombiya ve Yeni Zelanda'dan *Fragaria* cinsine ait farklı konak bitkiler üzerinden elde edilen *Chaetosiphon* üyelerinin karyotip varyasyonlarını ortaya çıkarmışlardır. Bununla birlikte, *fragaefolii* grubunun farklı klonlarında kaetotaksi varyasyonları hakkında daha fazla bilgi ve Kuzey Amerika'daki gül ve çilek üzerinde beslenen populasyonlar ile *fragaria*'daki Eski Dünya ve Yeni Dünya populasyonları arasındaki morfolojik farklılıkları da ortaya koymuşlardır. *fragaria*'daki, muhtemelen Kuzey Amerika'dan gelen Eski Dünya populasyonları, Kuzey Amerika *fragaefolius* populasyonlarından daha uzun sifunkuli'ye sahip ve çok az submarjinal kıla sahip veya hiç olmadığını; bu farklılıkların muhtemelen kurucu etkisinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. *fragaefolii*'nin hem Eski hem de Yeni Dünya populasyonlarının, ikincil konak bitki olarak *P.anserina*'yı tercih ettiğini belirtmişlerdir. Kromozom sayısının türler arasında 12-17 arasında değiştiğini (*minör* $2n=12$; *jacobi* $2n=17$; *fragariae* $2n=13-14$; *fragaefolii* $2n=12-13-14-15$; *thomasi* $2n=12$) gözlemlemiştir. *C. fragaefolii* grubundaki farklı karyotiplerin, orijinal olarak homozigot bir $2n = 12$ karyotipinden bazı durumlarda bağımsız olarak ve diğer durumlarda zamanla türetilen bir dizi anholosiklik çizgiyi temsil ettiğini değerlendirmişlerdir. Benzer karyotiplerin bağımsız olarak ortaya çıkmış olabileceğini; mesala, *Fragaria*'daki Yeni Zelanda formunun karyotipinin, ABD'nin Oregon eyaletindeki 13 kromozomlu (sekiz uzun, beş kısa) formunkine benzer, ancak Yeni Zelanda populasyonunun, 14 kromozom (altı uzun, sekiz kısa) İngiltere'de ve diğer Eski Dünya populasyonlarından türemiş olabileceğini değerlendirmişlerdir.

Brown ve Blackman (1988), yaptıkları çalışmada Kuzey yarımkürede yer alan 18 farklı ülkede *Sorghum* spp. ve *Zea* spp. üzerinden koleksiyonunu yaptıkları 110 örnekleme değerlendirmişler ve *Rhopalosiphum maidis* için 5 farklı karyotip belirlemişlerdir. Arpa

üzerinden beslenen populasyonların genel olarak 10 kromozoma sahipken, mısır, kanyaş ve *Sorghum* üyelerinde beslenen populasyonların $2n=8$ kromozoma sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Kanonikal varyant analizinde kullanılan bütün örneklerin bilinen klonal bileşime sahip olmadıklarını, ancak genel klonal forma uysalardı karyotipler arasında daha iyi morfolojik ayırım olabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, tam bir morfolojik ayırımın elde edilememesini iki nedene bağlamışlardır ve bu iki görüşler: (1) *R. maidis*'teki morfolojik varyasyonun çevresel ve genetik bileşenleri arasındaki güçlü etkileşim ve (2) türün partenogenezle üremesinden dolayı 10 kromozomlu formun dünya çapında yaygın olarak dağılışı göstermesidir.

Morgan vd. (1909) yaptıkları çalışmada *Phylloxera* üyelerinin eşey durumunu sitolojik açıdan değerlendirmiştir. Bu çalışmada *Phylloxera caryaefallax* Riley, 1874, *Phylloxera caryaecaulis* (Fitch, 1855) türlerinin eşey belirlemeyle ilgili sitolojik veriler hakkında bilgi vermişlerdir.

Dutta ve Gautam (1993) Hindistan'da Kuzey-Batı Himalayalarda gerçekleştirdikleri çalışmada 34 cinse ait 52 afit türünün karyotiplerini değerlendirilmiştir. Gerçekleştirdikleri araştırmada, 21 türe ait kromozom değerlendirilmesi ilk kez yapılmıştır. Çalışma verilerine göre, en düşük kromozoma sahip tür $2n=4$ ile *Myzaphis rosarum*, en yüksek kromozoma sahip tür $2n=22$ ile *Ericolophium holsti*'dir.

Dhatwolia ve Guatam (2009) söğüt üzerinde beslenen afit türleriyle yapmış oldukları çalışmada 2009 yılına kadar dünya genelinde 4000 afit türünün kaydedildiğini yaklaşık 750 afit türüne ait kromozom kaydı bulunduğunu belirtmişlerdir.

Rivi vd. (2012) İtalya'nın farklı bölgelerinde ve şeftali, domates, patlıcan, tütün ve patates konak bitkilerinden topladıkları 66 *Myzus persicae* populasyonuna ait sitogenetik verileri değerlendirmişlerdir. *M.persicae*'nin kromozom sayısının genelde $2n=12$ olduğunu ancak konak bitki olarak tütünü tercih eden populasyonlarda kromozom sayısının $2n=11-14$ arasında değişiklik gösterdiğini gözlemlemişlerdir.

Sharma ve Gautam (2019) Hindistan'da farklı bölgelerde gerçekleştirdikleri çalışmada *Acyrtosiphon gossypii* Mordvilko, *Aphis asclepiadis* Fitch, *A.citricidus* (Kirkaldy), *A.coreopsidis* (Thomas), *A.craccivora* (Koch), *A.fabae* Scopoli, *A.frangulae*

Kaltenbach, *A. gossypii* Glover, *A. nerii* Boyer de Fonscolombe, *A. pomi* De Geer, *A. spiraeicola* Patch, *Aphis* sp., *Aulacorthum solani* (Kaltenbatch), *Brachymyzus jasmini* A. N. Basu, *Hydaphis coriandri* (Das), *Hyperomyzus lactucae* (L.), *Macrosiphoniella sanborni* (Gillette), *Melanaphis pyrararia* (Passerni), *Myzus ornatus* Laing, *M. persicae* (Sulzer), *Pentalonia nigronervosa* Coquerel, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *R. oxyacanthae* (Schrank), *R. padi* (Linnaeus), *Schoutedenia ralumensis* Rubsaamen, ve *Sitobion miscanthi* (Takahashi) olmak üzere 14 cinse ait 27 afit türünün karyomorfolojik değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmanın sonucunda değerlendirdikleri afit türlerinde kromozom sayısının $2n=6-18$ arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kumari vd. (2022) Hindistan'da sık rastlanan ve tıbbi öneme sahip konak bitkilerde zarara yol açan dört yaprak bitinin karyotipleri hakkında bilgi vermeyi hedeflemişlerdir. *Malva parviflora* konak bitkisini enfekte eden *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)'nin kromozom sayısının $2n=10$, *Ajuga bracteosa* konak bitkisi üzerinde beslenen *Myzus ornatus* Liang'un kromozom sayısının $2n=12$, *Dahlia pinnata* konak bitkisini enfekte eden *Myzus ascolinucus*'un kromozom sayısının $2n=12$ ve son olarak *Duranta erecta* konak bitkisini enfekte eden *Toxoptera odinae* (van der Goot)'un kromozom sayısının $2n=8$ olduğunu belirtmişlerdir.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

2.1 Afitlerde Partenogenez

Afitler apomiktik partenogenezi kapsayan kompleks yaşam döngüleri, çevresel faktörlerin etkilediği polimorfizm ve teleskopik jenerasyon göstermeleriyle oldukça sıra dışı bir biyolojiye sahiptir (Srinivasan ve Brisson, 2012). Yaşam döngüleri eklembacaklılar arasında oldukça farklıdır, çünkü akrabalık dereceleri birbirinden uzak olan konak bitki taksonları arasında zorunlu geçiş, polifenizm ve tek bir tür içindeki üreme stratejisinde varyasyonlar görülebilir (Moran, 1992; Wilson, 2003).

Tek bir yaprak biti türü için bir yıllık döngü, döngüsel partenogenezi (çok sayıda partenogenetik nesil tarafından takip edilen tek bir yıllık eşeyli döngü), zorunlu partenogenezi, erkek üretimiyle zorunlu partenogenezi ve genotiplerin kışın hayatta kalabilecekleri ara stratejilerini kapsayabilir (Dedryver vd., 1998). Eşeysiz yaprak biti soyları, zorunlu olarak partenogenetik ve erkek birey veren zorunlu partenogenetik yaşam döngülerini içerirken, eşeyli üreyen yaprak biti soyları döngüsel partenogenez ve ara stratejilerle çoğalır (Çizelge 1.1.) (Simon, Rispe ve Sunnucks, 2002).

Cinsiyetin evrimi ve rekombinasyon üzerine kayda değer miktarda literatür olmasına rağmen, eşeysiz soyların evrimi hakkında nispeten az çalışma yapılmıştır. Ayrıca, özellikle yaprak biti populasyonları ile ilgili olarak, birçok tür önemli tarımsal zararlılardır ve artan sayıda yaprak biti populasyonu biyolojisi çalışmaları, populasyonun büyük bir bölümünün eşeysoylardan oluştuğunu göstermiştir (Haack vd., 2000).

Yaprak biti partenogenezinin doğasının araştırılmasıyla ilgili çok sayıda tartışma vardır. Genomlarının büyük kısmı anne ile genetik olarak özdeş olan yaprak biti partenogenezinin apomiktik olduğunu destekleyen çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Wilson, Sunnucks ve Hales, 1997; Wilson, 2000 Hales vd., 2002; Blackman, 1979, 1987; Tomiuk ve Wöhrmann, 1982; Hales vd., 1997; Lushai ve Loxdale, 2002).

Yaprak biti partenogenezinin apomiktik doğası daha sonra aşağıdaki verilerle desteklenmiştir:

1. Bezelye yaprak biti üzerinde seleksiyon deneyleri, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Blackman, 1979).
2. Şeftali-patates yaprak biti *Myzus persicae* (Sulzer) ve gül yaprak biti, *Macrosiphum rosae* (L.) üzerinde allozim çalışmaları (Blackman, 1979; Tomiuk ve Wöhrmann, 1980, 1982).
3. Avustralya ve Yeni Zelanda *Sitobion Mordvilko* populasyonlarından, Fransa'da tahıl yaprak biti *Sitobion avenae* (F.)'nin tarla populasyonlarından ve güney Fransa'da *Aphis gossypii* Glover'den mikrosatellit genetik verileri (Sunnucks vd., 1996; Fuller vd., 1999; Wilson vd., 1999; Haack vd., 2000).
4. Yaprak bitlerinin partenogenetik soyları içinde rDNA intergenik aralayıcıların ve mini sattelit parmak izlerinin kararlılığı araştırmaları (Carvalho vd., 1991; Shufron, Black ve Margolies, 1991).
5. *Myzus Passerini* ve *Sitobion* türlerinin çoklu eşeysiz soylarında dişilerin ve erkeklerin partenogenetik üretimi sırasında yaprak biti X kromozomlarının hassas ölçekli genetik çalışmaları (Wilson, 2000; Hales vd., 2002).
6. *Myzus Passerini* ve *Sitobion* türlerinin çoklu eşeysiz soylarında dişilerin ve erkeklerin partenogenetik üretimi sırasında yaprak biti X kromozomlarının hassas ölçekli genetik çalışmaları (Wilson, 2000; Hales vd., 2002).

Çizelge 2.1. Yaprak bitlerinin yaşam döngüleri (Dört yaşam döngüsünün tamamı tek bir yaprak biti türünde bulunabilir. CP= döngüsel olarak partenogenetik üreme, I= ara stratejiler) (Wilson vd., 2003'den değiştirilerek).

	Eşeyli			Eşeysiz	
	Döngüsel partenogenez	Ara stratejiler		Erkek-zorunlu partenogenezle üretimi	Zorunlu partenogenetik üreme
İlkbahar	Eşeyli üreme sonucu oluşan yumurtalarda kışı geçiren Fundatriks yumurtadan çıkar	Eşeyli üreme sonucu oluşan yumurtalarda kışı geçiren Fundatriks yumurtadan çıkar	Devam eden partenogenetik üreme	Devam eden partenogenetik üreme	
Yaz	Çok sayıda partenogenetik jenerasyon	Çok sayıda partenogenetik jenerasyon			
Son bahar Kısa gün, soğuyan hava	Eşeyli üreme üzere dişi ve erkek bireylerin üretimi Erkek ve dişiler çiftleşir ve kışlamak üzere yumurtaları bırakır	Eşeyli üreme üzere dişi ve erkek bireylerin üretimi Erkek ve dişiler çiftleşir ve kışlamak üzere yumurtaları bırakır		CP ve I ile üretilen dişilerle çiftleşebilen bazı erkek bireylerin üretimi	
Kış	Yumurtalar diyapoza girer ve yazın açılır	Yumurtalar diyapoza girer ve yazın açılır	Kış boyunca devam eden partenogenetik üreme	Kış boyunca devam eden partenogenetik üreme	Kış boyunca devam eden partenogenetik üreme

2.2 Kromozomlar

Canlı organizmaların genetik bilgisi deoksiribonükleik asitte (DNA) kodlanır. DNA genellikle birbirini tamamlayan bazlar arasındaki hidrojen bağları ile bir arada tutulur ve çift sarmal yapıdadır. Adenin (A) bazı- timin (T) bazı ile iki hidrojen bağı ile eşleşirken, guanin (G) bazı-sitozin (C) bazı ile üç hidrojen bağı ile eşleşir. Spesifik baz dizilimi ve bunların tamamlayıcılığı, her organizmanın genetik bilgiyi depolamasını ve iletmesini benzersiz bir özellik haline getirmektedir. Ribonükleik asit (RNA) genellikle timin yerine urasil içeren tek sarmallı bir moleküldür. Bakteriyel kromozomlarda bulunan DNA molekülleri daireseldir ve yaklaşık 50 negatif süper sarmal alan içermektedir. Her ökaryotik kromozom, nükleozom adı verilen 10 nm'lik elipsoidal boncuklar halinde paketlenmiş dev bir DNA molekülü içerir. Bu 10 nm'lik lifler daha sonra yaklaşık 30 nm çapında kromatin liflerine sarılır ve bu lifler histon olmayan kromozomal proteinler ile organize edilmektedir. Kromozomlar mayoz ve mitozun metafazı sırasında maksimum düzeyde yoğunlaşır. İğ ipliği bağlanma bölgeleri olan sentromerler ve kromozomların uçları olan telomerler, fonksiyonlarını kolaylaştıran benzersiz yapılara sahiptir (Shakoori, 2017).

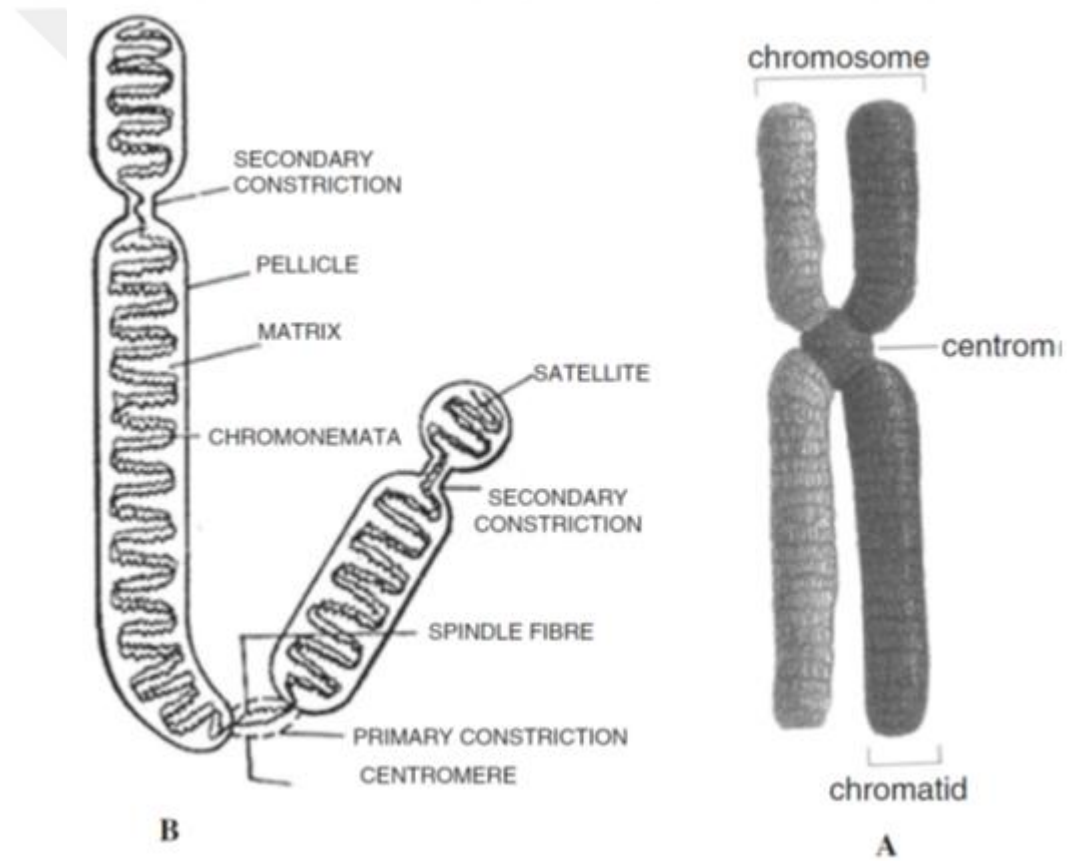
2.3 Kromatinler

Bir hücre, genetik materyal içeren bir protoplazma kütesinden oluşur ve plazma membranı ile çevrilidir. Genetik materyal, prokaryotik hücrelerde olduğu gibi protoplazma içinde yüzen bir DNA molekülü şeklinde olabilir veya ökaryotik hücrelerde olduğu gibi iki zarlı zarlı bir çekirdek zarfı içinde bulunabilir. Ökaryotik hücreler iyi tanımlanmış bir çekirdeğe sahipken, prokaryotların iyi sınırlanmış bir çekirdeği bulunmamaktadır. Ökaryotik bir hücrede genetik materyal, interfaz sırasında nükleer bir zarfla çevrili, karmaşık ve kompakt bir kromatin ipliği kütesi halini almaktadır. Hücre döngüsünün bu aşamasında kromatin, heterokromatin olarak bilinen yoğunlaşmış alanlara ve ökromatin olarak bilinen daha az yoğunlaşmış veya yoğunlaşmamış alanlara ayrılabilir. Heterokromatin interfaz ve erken profaz sırasında yoğunlaşmış halde kalmaktadır. Bir kromozomda, heterokromatik bölge genelde perisentromerik bölgede, telomerlerde veya nükleolar düzenleyiciye bitişik olarak lokalize olur. Bazı durumlarda, kromozomun tamamı heterokromatik hale gelebilir. Heterokromatik alanlar, yoğunlaşmış yapıları nedeniyle genetik olarak inaktiftir.

Ökromatin alanlar kromatinin genetik olarak aktif bölgelerini temsil etmektedir. Hücre döngüsünün interfaz aşamasındaki hücre mitotik faza girdiğinde, kromatin ciddi morfolojik değişikliklere uğrar. İnce, uzun kromatin iplikçikleri giderek kısalır, kalınlaşır ve son olarak kromozom şeklini alır (Shakoori, 2017).

2.4 Metafaz Aşamasında Kromozomlar

Tipik olarak bir metafaz kromozomu kromatidler ve kromomerlerden oluşan ve spesifik daralmalar, telomerler ve kısa parçaların (uydu) olmasıyla dikkat çeken (betimlenen), koyu boyanmış çubuksu bir yapıya sahiptir (Şekil 2.1.) (Shakoori, 2017).



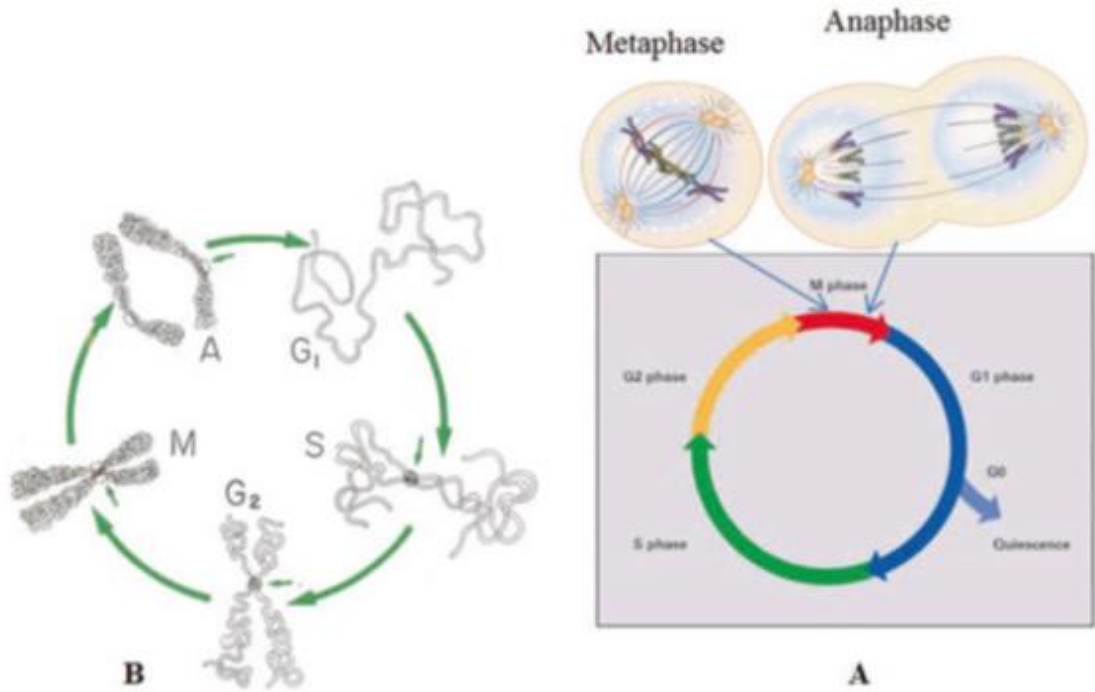
Şekil 2.1. Bir metafaz kromozomunun yapısı (kromozom, sentromer bölgesinde birbiriyle birleşen iki kromatidten oluşur (a). Her kromatid, hücre döngüsünün başlarında S fazında DNA replikasyonu ile meydana gelen iki özdeş yavru DNA molekülünden birini içerir. (b) birincil ve ikincil daralmaları, uyduları ve kromonemataları gösteren ökaryotik bir kromozomun tipik yapısını göstermektedir. Kromonemata, kromozomlara kalınlık (0,6-0,8 μm) vermek için çeşitli şekillerde sarılmış ve ilmeklenmiş 30 nm'lik bir liftir) (Shakoori, 2017'den değiştirilerek)

2.4.1 Kromatitler

Metafazda her kromozom iki simetrik yapı olan kromatidlerden oluşur. Kromatidler birbirlerine yalnızca sentromer ile bağlanır ve anafazın başlangıcında ayrılırlar. Her kromatid, kromonemata olarak da bilinen ve yoğunlaşmanın erken aşamalarındaki kromatidi temsil eden ince filament içerir. Dolayısıyla kromatid ve kromonemata iki aynı yapıyı ifade etmektedir. Kromomerler, bazen interfaz kromozomları sırasında görülebilen boncuğa benzer yapılardır (Shakoori, 2017).

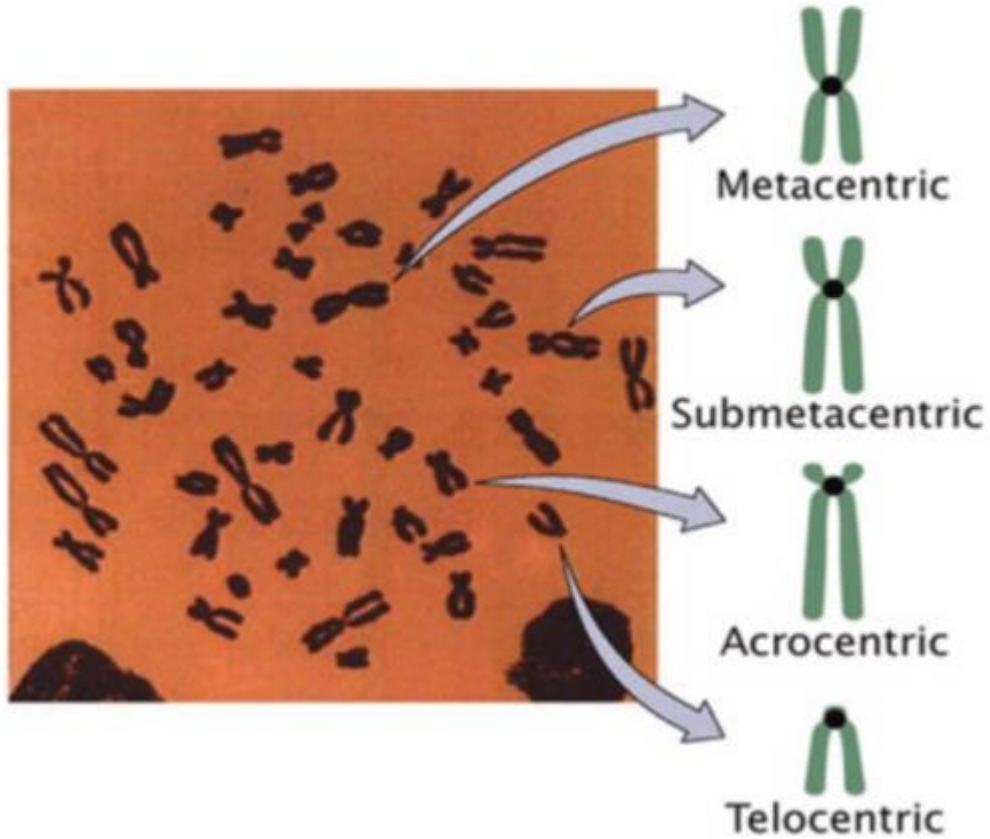
2.4.2 Sentromer

Sentromer kromozomun birincil daralması olarak ifade edilmektedir. Metafaz kromozomunda yoğun bir şekilde kıvrılmış olan kromatin ipliği sentromer bölgesinde kıvrılmamıştır (Şekil 2.2. b). Kromozomal iç iplikleri, metafaz plağındaki sentromer bölgesinde kromozomlara bağlanır. İğ ipliklerine bağlı kromozomlar yavru hücrelere bağlanır ve böylece genetik devamlılığı sağlar (Şekil 2.2.) (Shakoori, 2017).



Şekil 2.2. Hücre döngüsünün farklı aşamalarında kromatin ipliklerinin yoğunlaşma ve yoğunlaşma döngüsünün gösterimi (Shakoori, 2017'den değiştirilerek)

Sentromeri kaybolmuş bir kromozom yavru hücrelere aktarılamaz. Bu tür hücrelere sahip organizmalarda genetik sendromlar görülmektedir. Sentromerlerin sayısı ve konumu oldukça değişkendir. Genellikle bir kromozom sadece bir sentromere sahiptir ve bu tip kromozomlar monosentrik olarak tanımlanmaktadır. Bazı kromozomlar dağınık sentromerik aktiviteye sahiptir ve bu nedenle tüm uzunlukları boyunca iğ ipliğine bağlıdır. Bu kromozomlara holosentrik kromozomlar denir. Bazı hayvan ve bitki hücrelerinde kromozomal anormalliklerde, kromozomlar kırılabilir ve kromozom parçaları birbiriyle kaynaşarak sentromersiz (asentrik) veya iki sentromerli (disentrik) kromozomlar oluşturabilir. Sentromerin konumu değişkendir ve bu nedenle telosentrik, akrosentrik, submetasentrik ve metasentrik olarak sınıflandırılırlar (Şekil 2.3.). Kromozomlar anafaz sırasında ekvatorndan kutuplara doğru hareket ederken farklı şekiller almaktadır. Akrosentrik ve telosentrik kromozomlar "i", submetasentrik kromozomlar "j", metasentrik kromozomlar ise "v" şeklini alır (Shakoori, 2017).



Şekil 2.3. Sentromerin kromozomlar üzerindeki konumuna göre, kromozomların sınıflandırılmasının gösterimi

2.5 Karyotip

Karyotip, bir türün kromozom setinin sayısı, boyutu ve morfolojisinin karakterizasyonudur. Bir grup organizmanın karyotip evrimini incelemek, öncelikle kromozom sayısı, sentromerlerin konumu ve ikincil daralmaların ve bantlanma modellerinin sayısı ve konumu gibi karyotipik verilerden elde edilebilir. Hibridizasyon ve kromozom duplikasyon olaylarının anlaşılmasına, klonların genetik stabilitesinin test edilmesine ve insanlarda anöploidiye bağlı klinik sendromların tanımlanmasına yardımcı olur. Karyotip çalışması, sayısal ve yapısal kromozomal anormalliklerin neden olduğu polimorfizmlerin belirlenmesine yardımcı olmak ve sitogenetik olarak farklı türleri (türler arası varyasyon) ve aynı türün bireylerini (tür içi varyasyon) karşılaştırmanın yanı sıra evrimsel ilişkileri belirlemek için önemlidir. Bu nedenle, akraba türlerdeki karyotiplerin karşılaştırmalı analizi, her bir türe özel olan özellikleri (otapomorfiler) ve tüm türler için ortak olan özellikleri (sinapomorfiler) ayırt etmemizi sağlayarak, aynı türün farklılaşmasının incelenmesine imkan tanır. Kromozomlar genetik materyalden oluştuğu için, mevcut organizmaların ilkel atalardan türediğine dair orijinal fikri varsayarsak, bunlardaki değişiklikler türlerin evrimsel seyrinin anlaşılması için önemlidir. Bu nedenle, türlerin evrimsel tarihinde, aşağıdaki gibi bazı ana evrim şekilleri ayırt edilebilir:

Anagenez: Yeni karakterlerin sabitlenmesiyle bir türün kademeli olarak diğerine dönüşmesi, atasal türlerin yerini yeni türlerin almasıdır.

Kladogenez: Bir türün, kendine özgü genetik özelliklerini korumasını sağlayan üreme izolasyon mekanizmaları aracılığıyla iki veya daha fazla türe ayrılmasıdır.

Populasyonlar, türlerin biyotik ve abiyotik faktörlere bağlı adaptasyon süreçleri, yaşam alanlarının ve türlerin genetik değişkenliği nedeniyle küçük kümülatif değişiklikler için farklılaşma eğilimindedir ve bu nedenle tür içi veya türler arası farklılaşma meydana gelir. Karyotip çalışmaları;

- Evrimsel süreçleri anlamak için taksonomi/sistemik
- Genlerin eklenmesinin önündeki engelleri anlamak için bitki ıslahı ve yapısal değişiklikler ve kısırılık ile ilişkilerin araştırılması

- Genetik ve kromozomal haritaların oluşturulması
- Genlerin/kromozomların aktarımının planlanması
- Çaprazlamaların izlenmesine yönelik genomik analiz
- Sendromların tespiti

Çevresel stres ve kimyasalların kromozomlar üzerindeki etkisinin incelenmesi gibi araştırmalarda değerlendirilebilir.

Dolayısıyla, karyotip analizi ile ilişkili tüm bu konular karyotip evrimine katkıda bulunur. Karyotip çalışmaları, türlerin tanımlanması ve sınıflandırılması ve evrimsel süreçleri anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (de Resende vd., 2017; Dutta vd., 2015; Movrodiev vd., 2015).

2.6 Holosentrik Kromozomlar

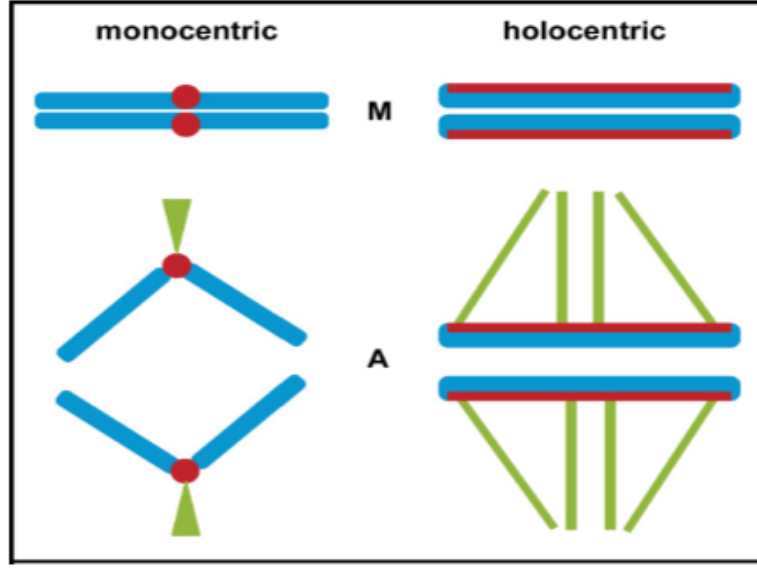
Holosentrik kromozomlar, diğer kromozomlar için karakteristik olan tek sentromer yerine uzunlukları boyunca birden fazla kinetokora sahiptir. Bu kromozomlar ilk kez 1935 yılında sitogenetik deneylerde tanımlanmıştır ve günümüzde holosentrik kromozom terimi aşağıda belirtilen özelliklere karşılık gelmektedir.

- Monosentrik kromozomlarda gözlenen sentromere karşılık gelen birincil daralmadan yoksundur;
- Kromozomal eksen boyunca dağılmış çoklu kinetokorlara sahiptir, böylece mikrotübüller tüm uzunlukları boyunca kromozomlara bağlanır ve metafaz plağından kutba doğru geniş yönde hareket eder.
- Bu kromozomlar holokinetik olarak da adlandırılır, çünkü hücre bölünmesi sırasında kromatidler paralel olarak birbirinden ayrılır ve monosentrik kromozomlara özgü klasik V şeklindeki şekilleri oluşturmaz.
- Holosentrik kromozomlar hem hayvan hem de bitki evrimi sırasında birkaç kez değişiklik geçirmiştir ve şu anda bitkiler, böcekler, örümcekler ve nematodlar dahil olmak üzere yaklaşık sekiz yüz farklı türde bilinmektedir.
- Yaygın kinetokorları nedeniyle holosentrik kromozomlar, karyotip yeniden düzenlemelerini destekleyen kromozomal fragmentleri stabilize edebilir.

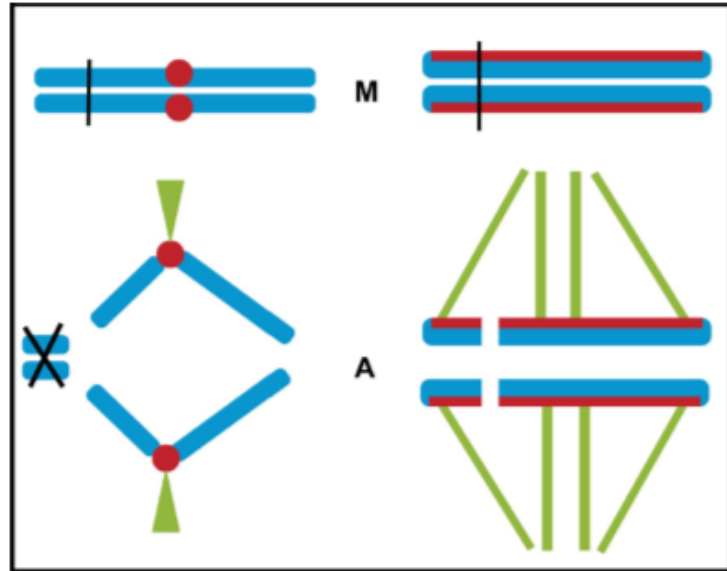
- Bununla birlikte, holosentrik kromozomlar aynı zamanda mayoz bölünme sırasında yan yana olana homolog kromozomlarda, crossing over için sınırlamalara yol açabilir. Bunun nedeni kiyazma sayısını sınırlamasıdır (Mandrioli ve Manicardi, 2003; Mandrioli ve Manicardi, 2012; Melters vd., 2012; Manicardi vd., 2015; Lukhtanov vd., 2018).

2.7 Holosentrik Kromozomların Yapısı

Holosentrik kromozomların yapısının ayrıntılı bir moleküler analizi şimdiye kadar sadece bir nematod türü olan *Caenorhabditis elegans* için mevcutken, gerçek holokinetik yapının varlığı diğer taksonlarda da deneysel olarak doğrulanmıştır. Türlerin çoğu için holosentrizm ile ilgili veriler, anafaz göçü esnasında kromozom davranışlarının analizine dayanmaktadır, çünkü çekme kuvvetinin bir kromozomal noktaya uygulandığı ve kromozom kollarının geride kaldığı monosentrik kromozomların aksine, holosentrik kardeş kromatidler iç ipliklerinde kutuplara paralel olarak göç etmektedir. Sonuç olarak, holosentrik kromozomların kromatidleri paralel olarak birbirinden ayrılır ve monosentrik kromozomlar için tipik olan klasik V-şekilli formları oluşturmazlar (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5.). Ayrıca, holosentrik bir kromozom parçalanırsa (örneğin X ışınına maruz kaldığında), her parça sentromer aktivitesini korur ve kutuplara düzgün bir şekilde ayrılabilir (Howe vd., 2001; Zedek vd., 2012; Mandrioli ve Manicardi, 2020).



Şekil 2.4. Monosentrik ve Holosentrik kromozomların gösterimi (Tek merkezli kromozomlarda, kinetokor (kırmızı daireler) metafaz (M) sırasında kromozomal birincil daralmada (sentromer) olduğu için kolayca bir şekilde tanımlanabilir. Anafazda (A) kromatidler mikrotübüllere bağlandıktan sonra kutuplara doğru hareket eder ve kromozomal kolların pasif hareketinden kaynaklanan V şekilli yapılar gözlemlenebilir. Holosentrik kromozomda kromozom boyunca uzanan bir kinetokor mevcuttur (kırmızı çizgiler) ve metafaz süresince (M) birincil daralma görülmez. Anafaz süresince (A) holosentrik kromatidler paralel doğrusal çubuklar halinde kutuplara doğru hareket eder).



Şekil 2.5. Monosentrik ve Holosentrik kromozomlarda kırılma meydana geldiğinde görülen farklıların gösterimi (Monosentrik bir kromozomda kromozom kırılması meydana gelirse, asentrik kromozom fragmentleri metafaz (M) sırasında mikrotübüllere bağlanamaz ve anafaz (A) sırasında kaybolur. Holosentrik bir kromozomda kromozom kırılması meydana gelirse monosentrik kromozomların aksine, kromozom boyunca sentromer uzantısı nedeniyle kinetik aktiviteyi koruyan ve uygun şekilde kalıtılabilen kromozomal parçalarla sonuçlanır).

2.8 Eklembacaklılarda Holosentrik Kromozomlar

Eklembacaklılar arasında, holosentrik kromozomlar faklı böcek takımlarına ait türlerde (Odonata, Zoraptera, Dermaptera, Psocoptera, Phthiraptera, Thysanoptera, Hemiptera, Trichoptera ve Lepidoptera), akreplerde (Buthoidea), Acariformes üst takımı üyelerinde ve Rhipicephalus cinsi (Ixodidae) türlerinde, örümceklerde (Dysderidae ve Segestridae), kırkayak ve çıyanlarda görülmektedir. Bu kadar geniş oranda görülmesine rağmen, şimdiye kadar elde edilen verilerin çoğu yaprak bitleri ve lepidoptera üyelerinden elde edilmiştir. Yaprak bitlerinde, holosentrik kromozomlar derinlemesine incelenmiş ve kromozomal parçaları stabilize etme yetenekleri fitofag yaşam tarzlarıyla ilişkilendirilmiştir. Birçok konak bitki türünün, zararlı böceklerde DNA hasarına neden olabilen kimyasallar üretmesi bu veriyi desteklemektedir. Örneğin; Solanaceous bitki ailesinin (*Nicotiana tabacum* dahil) üyelerinde bulunan nikotin, kromozomal parçalanmalar da dahil olmak üzere çeşitli DNA hasarı biçimleriyle sonuçlanan ve replikasyon çatalı stresine yol açan doğal bir alkaloiddir. Benzer etkiler bitkiler tarafından üretilen kafein ve etanol gibi diğer moleküller için de gözlemlenmiştir. Kromozomal parçaların kalıtımını destekleme yetenekleri nedeniyle, holosentrizm bazı yaprak biti türlerinin karyotiplerinde tekrarlayan değişikliklerle ilişkilendirilmektedir ve özellikle *Myzus persicae*'de yeniden düzenlenmiş karyotipler gözlemlenmiştir. Ayrıca yaprak bitleri telomeraz kodlayan genin yapısal bir ifadesine sahiptir, böylece iç kırılma noktalarında telomer dizilerinin de yeniden sentezini başlatabilirler ve bu da kromozomal parçaların stabilizasyonu ile sonuçlanır. Yapısal düzeyde, böcek holosentrik kromozomları ayrıntılı olarak incelenmemiştir, ancak daha önce ökaryotlarda kinetokor işlevi için gerekli olduğu düşünülen CENP-C ve CENP-A homologlarının yokluğu dikkat çekicidir (Escudero vd., 2016; Hill vd., 2019; Mandrioli ve Manicardi, 2020).

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma 2022 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi kampüs alanında gerçekleştirilmiştir. Örnekler boş ependorf tüplerine alınmış ve canlı olarak laboratuvarlara getirilerek karyotip çalışmaları için preparasyon işleminde kullanılmıştır, populasyonu temsilen birkaç birey ise daha sonra preparasyon ve teşhis işlemlerinde kullanılmak üzere %96'lık alkole alınmıştır. Preparasyon işlemleri Martin, (1983)'e göre ve teşhis işlemleri Blackman ve Eastop (2023)'e göre yapılmıştır. Çalışmada farklı konak bitkilerden 15 örneklem gerçekleştirilmiş ve çalışmada kullanılan örneklere ait bilgiler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada değerlendirilen örneklere ve yaprak biti populasyonlarının karınca ile birlikte bulunma durumları (+: karınca varlığı; -: karınca yokluğu).

Örnek numarası	Konak bitki	Yaprak biti türü	Karınca birlikteliği	Toplanma Tarihi
S1	<i>Rosa sp.</i>	<i>Macrosiphum rosae</i>	-	27 Eylül 2022
S2	<i>Thuja sp.</i>	<i>Cinara tujaefilina</i>	+	28 Eylül 2022
S3	<i>Sonchus sp.</i>	<i>Acyrtosiphon ilka</i>	-	29 Eylül 2022
S4	<i>Prunus domestica</i>	<i>Pterochloroides persicae</i>	+	30 Eylül 2022
S5	<i>Cedrus sp.</i>	<i>Cinara curvipes</i>	+	3 Ekim 2022
S6	<i>Berberis sp.</i>	<i>Aphis nasturtii</i>	-	4 Ekim 2022
S7	<i>Pinus sp.</i>	<i>Eulachnus tuberculostemmatum</i>	-	5 Ekim 2022
S8	<i>Hibiscus sp.</i>	<i>Aphis spiraccola</i>	-	6 Ekim 2022
S9	<i>Lepidium latifolium</i>	<i>Brachycaudus helichrysi</i>	+	7 Ekim 2022
S10	<i>Sonchus sp.</i>	<i>Acyrtosiphon ilka</i>	-	11 Ekim 2022
S11	<i>Catalpa sp.</i>	<i>Aphis nasturtii</i>	+	12 Ekim 2022
S12	<i>Phragmites sp.</i>	<i>Hyalopterus pruni</i>	+	13 Ekim 2022
S13	<i>Hibiscus</i>	<i>Aphis gossypii</i>	+	14 Ekim 2022
S14	<i>Diploaxis teruifolia</i>	<i>Protaphis middletonii</i>	-	17 Ekim 2022
S15	<i>Acacia sp.</i>	<i>Aphis spiraccola</i>	-	18 Ekim 2022

Karyotip çalışmaları için preparasyon işlemleri partenogenetik dişi vivipar bireyler üzerinden aşağıdaki prosedüre göre (Manicardi vd., 1996'dan değiştirilerek) gerçekleştirilmiştir.

- Öncelikle her populasyondan yetişkin dişi bireylerin Ringer tuzlu su çözeltisi içinde diseksiyonu gerçekleştirilir.

- Embriyolar içerisinde %1'lik hipotonik potasyum klorür çözeltisi bulunan eppendorflara alınarak, 10 dakika bu çözeltide bekletildi
- Embriyolar yeni steril eppendorflara aktarıldı ve 3000 Rpm'de 15 dakika santrifüj edildi.
- Pelet içeren eppendorflara fiksatif (3:1 metanol: asetik asit) eklendi ve ardından -20°C'de 15 dakika derin dondurucuda bekletildi.
- Daha sonra her bir eppendorf 3000 Rpm'de 15 dakika santrifüj edildi.
- 4. adım yeni fiksatif ile tekrarlandı.
- Örnekler -20°C'de 60 dakika derin dondurucuda tutuldu.
- Pipetle 20 µL hücre süspansiyonu 30 cm mesafeden temiz lamlara damlatıldı ve oda sıcaklığında kurutuldu.
- Lamlar %10 Giemsa boyası içeren bir şalede 15 dakika bekletildi.
- Örnekler boyadan çıkarıldıktan sonra yıkandı ve 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı.

Kromozomlar basit ışık mikroskopunda 100x'lük okülerde immersiyon yağı kullanılarak gözlemlendi.

BÖLÜM IV

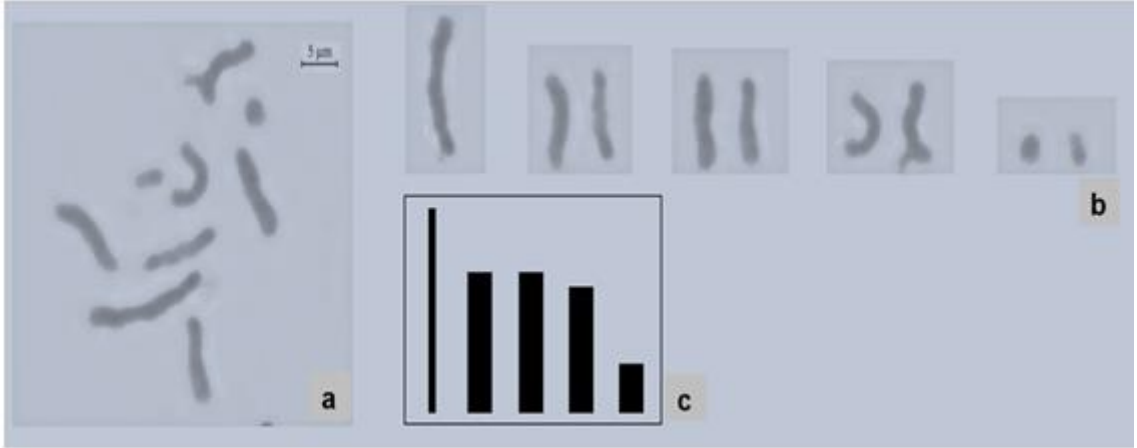
BULGULAR

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi kampüs alanında farklı konak bitkilerden toplanan 15 yaprak biti türü değerlendirilmiş (Çizelge 3.1.), ancak kromozomal veriler altı canlı yetişkin dişiden elde edilebilmiştir.

4.1 *Acyrthosiphon (Acyrthosiphon) ilka* Mordvilko

Bu türe ait örnekler 11.X.2022 tarihinde *Sonchus* sp. konak bitkisinin tomurcuk ve yaprak altlarında beslenirken gözlemlendi. Populasyona ait bireylerin rengi yeşil ve yeşilimsi kahverengiydi.

Sonchus sp. konak bitkisi üzerinden toplanan *A. ilka*'nın diploid kromozom sayısı $2n=8$ ve bir X kromozomu olarak gözlemlendi (Şekil 4.1. a-b). Bu türün idiyogramına göre, tek X kromozomu ve iki çift uzun, bir çift orta boyutlu, bir çift kısa boyutlu kromozom tespit edilmiştir (Şekil 4.1. c).



Şekil 4.1. *Acyrthosiphon ilka*'nın karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram (a.Somatik kromozomlar b. Karyotip c. İdiyogram)

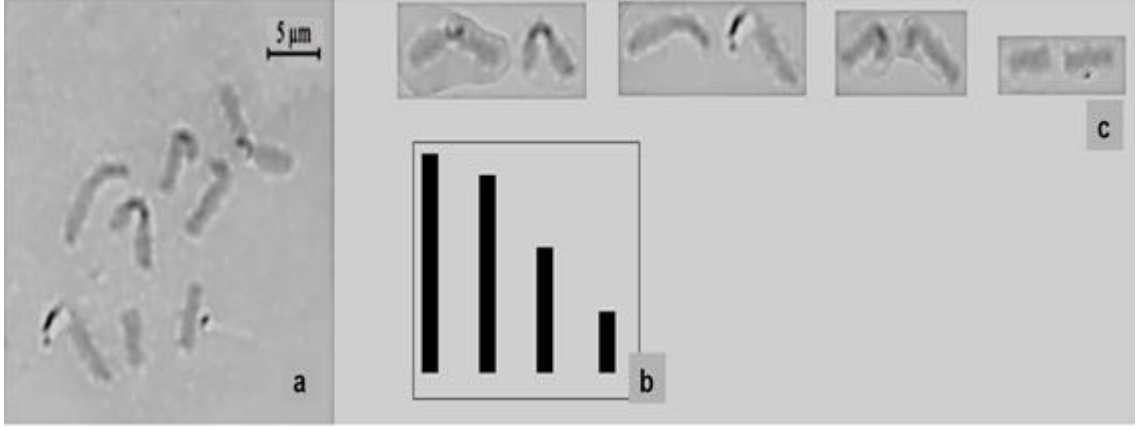
4.2 *Aphis (Aphis) spiraecola* Patch

Bu türe ait bireyler 6.X.2022 *Acacia* sp.'nin yapraklarının altında ve 14.10.2023 tarihinde *Hibiscus* sp.'nin yaprak altı ve çiçek tablasında beslenirken gözlemlendi (Fotoğraf 4.1.). Populasyona ait bireylerin rengi sırasıyla siyah ve yeşildi.

Acacia sp. ve *Hibiscus* sp. konak bitkileri üzerinden toplanan *A.spiraecola*'nın diploid kromozom sayısı $2n=8$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2. a-b). Bu türün idiyogramına göre, bir çift uzun, bir çift orta boyutlu ve giderek kısalan iki çift kısa kromozom gözlemlenmiştir (Şekil 4.2. c).



Fotoğraf 4.1. *A.spiraecola*'nın *Hibiscus* sp.'nin çiçek tomurcuğunda beslenirken görüntüsü



Şekil 4.2. *Aphis spiraecola*'nın karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram (a.Somatik kromozomlar b. Karyotip c. İdiyogram)

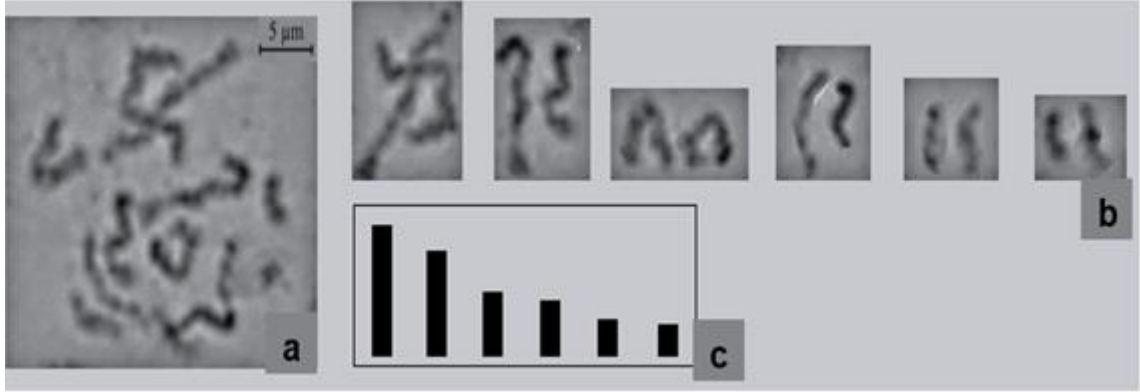
4.3 *Brachycaudus (Brachycaudus) helichrysi* (Kaltenbach)

Bu türe ait bireyler 7.X.2022 tarihinde *Lepidium latifolium*'un yaprak altında ve kök kısmına yakın yerlerde beslenirken gözlemlendi (Fotoğraf 4.2.). Karınca yoğunluğu yüksekti ve popülasyona ait bireylerin rengi beyazımsı yeşildi.

Lepidium latifolium konak bitkisi üzerinden toplanan *B.helichrysi*'nin diploit kromozom sayısı $2n=12$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3. a-b). Bu türün idiyogramına göre, iki çift uzun, iki çift orta boyutlu ve iki çift kısa boyutlu kromozom belirlenmiştir (Şekil 4.3. c).



Fotoğraf 4.2. *B.helichrysi*'nin *Lepidium latifolium*'un yaprak altında beslenirken görüntüsü



Şekil 4.3. *Brachycaudus helichrysi*'nin karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram (a.Somatic chromosomes b. Karyotype c. Idiogram)

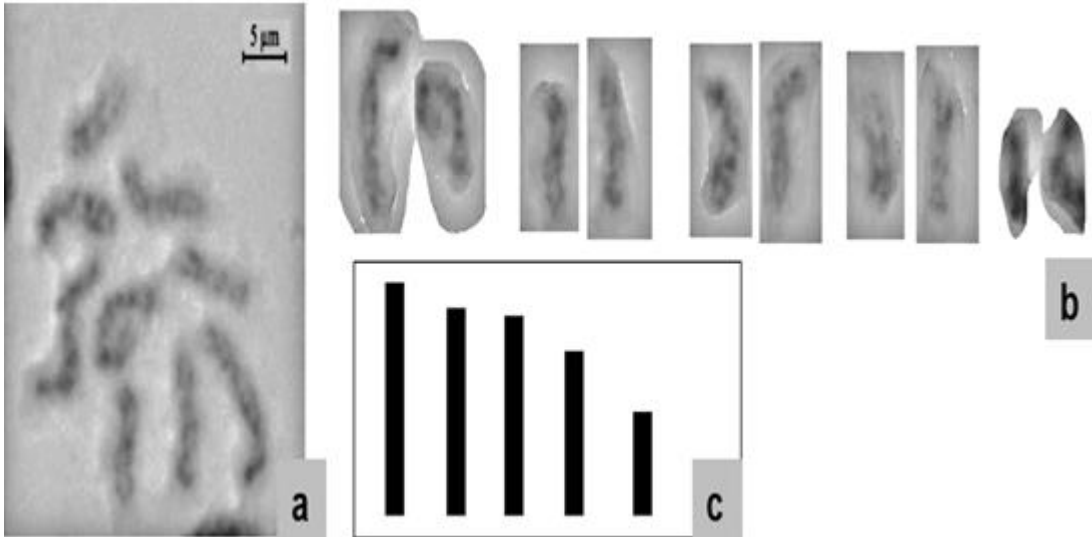
4.4 *Cinara (Cinara) curvipes* (Patch)

Bu türe ait bireyler 3.X.2022 tarihinde *Cedrus* sp.'nin dallarında beslenirken gözlemlendi (Fotoğraf 4.3.). Populasyona ait bireylerin rengi siyahımsı kahverengiydi ve karıncalar tarafından yoğun bir şekilde ziyaret edilmekteydi.

Cedrus sp. konak bitkisi üzerinden toplanan *C.curvipes*'in diploit kromozom sayısı $2n=10$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4. a-b). Bu türün idiyogramına göre, bir çift uzun, iki çift orta ve iki çift kısa boyutlu kromozom gözlemlenmiştir (Şekil 4.4. c).



Fotoğraf 4.3. *C.curvipes*'in *Cedrus* sp.'nin dalında beslenirken görüntüsü



Şekil 4.4. *Cinara curvipes*'in karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram (a.Somatik kromozomlar b. Karyotip c. İdiyogram)

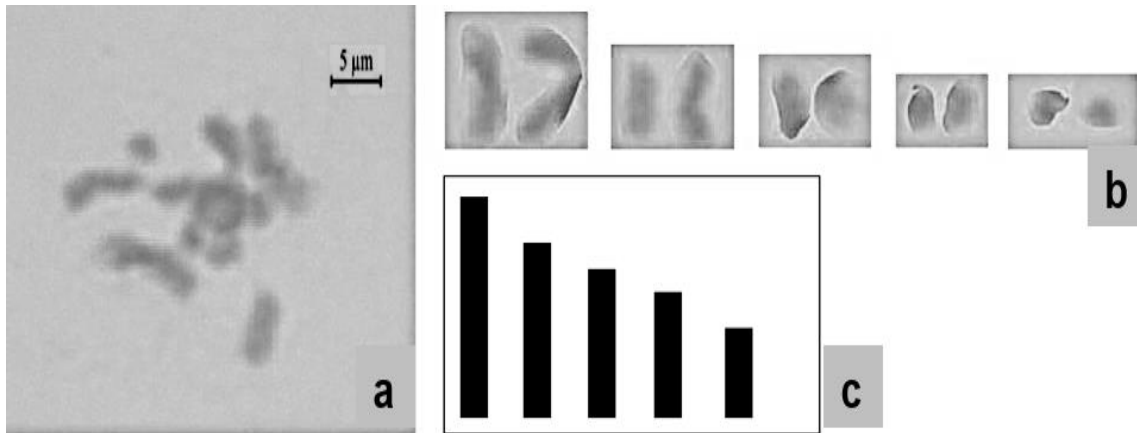
4.5 *Macrosiphum (Macrosiphum) rosae* (Linnaeus)

Bu türe ait örnekler 27.IX.2022 tarihinde *Rosa* sp.'nin tomucukları üzerinde beslenirken gözlemlendi (Fotoğraf 4.4.). Populasyona ait bireylerin rengi kahverengi ve yeşildi.

Rosa sp. konak bitkisi üzerinden toplanan *M.rosae*'nin diploit kromozom sayısı $2n=10$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5. a-b). Bu türün idiyogramına göre, bir çift uzun, bir çift orta ve üç çift kısa boyutlu kromozom gözlemlenmiştir (Şekil 4.5. c).



Fotoğraf 4.4. *M.rosae*'nin *Rosa* sp.'nin tomurcukları üzerinde beslenirken görüntüsü



Şekil 4.5. *Macrosiphum rosae*'nin karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram (a.Somatik kromozomlar b. Karyotip c. İdiyogram)

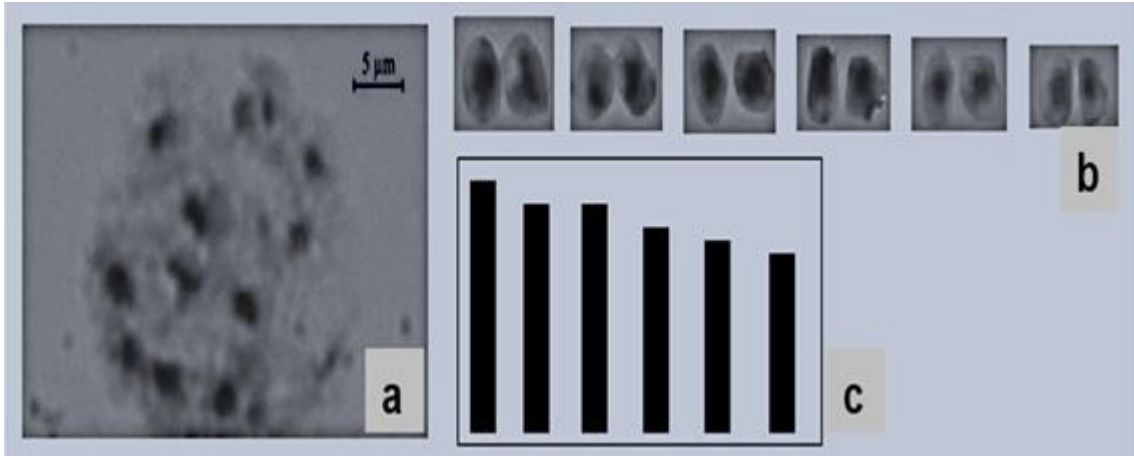
4.6 *Pterochloroides persicae* (Cholodkovsky)

Bu türe ait bireyler 30.IX.2022 tarihinde *Prunus cerasifera*'nın dallarında beslenirken gözlemlendi. Karıncalar tarafından yoğun bir şekilde ziyaret edilen bireylerin rengi kahverengiydi (Fotoğraf 4.5.).

Prunus cerasifera konak bitkisi üzerinden toplanan *P.persicae*'nin diploit kromozom sayısı $2n=12$ olarak gözlemlenmiştir (Şekil 4.6. a-b). Bu türün idiyogramına göre, bir çift uzun, iki çift orta ve üç çift kısa boyutlu kromozom belirlenmiştir (Şekil 4.6. c).



Fotoğraf 4.5. *P.persicae*'nin *Prunus cerasifera*'nın dalında beslenirken görüntüsü



Şekil 4.6. *Pterochloroides persicae*'nin karyotipinin mikroskop görüntüsü ve idiyogram (a.Somatic kromozomlar b. Karyotip c. İdiyogram)

BÖLÜM V

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yaprak bitleri değişen çevre koşullarına küçük vücutlu olmaları, partenogenezle çoğalmaları, teleskopik jenerasyon göstermeleri dolayısıyla kolaylıkla adapte olabilmektedirler. Bu nedenle hızlı bir şekilde yayılmaktadırlar ve verdikleri zarar gittikçe artmaktadır. Konak bitki spesifik olan yaprak bitleri ve kirpikkanathılar gibi bitki zararlıları hem ekinlere doğrudan fiziki zarar vererek hem de çoğu bitki virüsünün vektörü olarak iki kat daha fazla zarara neden olabilmektedirler. Yaprak bitleri ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalarla, Dünya’da 6000 ve Türkiye’de yaklaşık 671 afit türü tanımlanmıştır (Simon vd., 2021; Blackman ve Eastop, 2023; Görür vd., 2023). Yaprak bitleri apomiktik partenogenezi kapsayan kompleks yaşam döngüleriyle, çevresel faktörlerin etkilediği polimorfizm ve teleskopik jenerasyon göstermeleriyle oldukça sıra dışı bir biyolojiye sahiptir (Srinivasan ve Brisson, 2012). Yaşam döngüleri eklembacaklılar arasında benzersizdir, çünkü akrabalık dereceleri birbirinden uzak olan konak bitki taksonları arasında zorunlu geçiş, polifenizm ve tek bir tür içindeki üreme stratejisinde varyasyonlar görülebilmektedir (Wilson, 2003). Tek bir yaprak biti türü için bir yıllık döngü, döngüsel partenogenezi (çok sayıda partenogenetik nesil tarafından takip edilen tek bir yıllık eşeyli döngü) ve genotiplerin kışın hayatta kalabilecekleri ara stratejilerini kapsayabilir (Dedryver vd., 1998).

Yaprak biti kromozomlarına yönelik sitogenetik bir yaklaşımın ilgisi, yaprak biti genomlarıyla ilgili bilgilerin sadece bilimsel açıdan değil aynı zamanda ekonomik açıdan da önemlidir. Son yıllarda, klasik ve moleküler sitogenetik, yaprak biti holosentrik kromozomlarının yapısal, işlevsel ve evrimsel analizi için entegre bir yaklaşım sağlamıştır. Yaprak biti sitogenetiğine olan ilgi, çoğunlukla kromozomlarının holosentrik/holokinetik yapısından kaynaklanmaktadır (Giannini vd., 2003; Samkaria vd., 2010; Monti vd., 2011; Manicardi vd., 2015).

Yaprak bitleri iyi tanımlanmış polifenizmleri nedeniyle son zamanlarda genom ve çevre arasındaki etkileşimleri araştırmak için tercih edilen model organizmalar haline gelmiştir. Yaprak bitlerinin fenotipik plastisitesinin kalıtsal ve kontrol edildiği mekanizmalarını aydınlatmaya yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır ve yapılmaya

devam etmektedir. Ancak yapılan araştırmalarda, yaprak biti genomunun organizasyonu, ifadesi ve kalıtımında hayati bir rol oynayan sitogenetik süreçlere ait nispeten az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu durum ilginçtir, çünkü yaprak bitleri, yapıları ve işlevleri bakımından genetikçilerin yoğun bilgi sahibi olduğu organizmaların çoğunda bulunan lokalize sentromerlere sahip kromozomlardan büyük ölçüde farklılık gösteren holosentrik kromozomlara sahiptir (Manicardi vd., 2015).

- Yaprak biti genomunun karyotipik organizasyonu, türler arasında henüz net olarak açıklanamayan bir şekilde değişiklik gösterir. Kromozom sayıları bazı cinslerde sabitken, diğer türlerde ise büyük oranda değişebilir.
- Partenogenetik ve eşeyli üreme arasındaki geçiş, endokrin faktörlerin aracılık ettiği çevresel uyarılara yanıt olarak meydana gelen kromozom davranışındaki değişiklikleri içerir. Yakın akraba türler arasında bile, eşey tayini ve mayoz bölünme sırasında yaprak biti kromozomlarının eşleşme ve ayrılma şekillerinde, genomun tamamının veya bir kısmının kalıtımını etkileyebilecek sonuçlarla dikkate değer farklılıklar meydana gelebilir.
- Holosentrik kromozomlar, diğer tüm Hemipteralar da dahil olmak üzere çeşitli organizma gruplarında bulunur, ancak kromatin yapısının ve organizasyonunun yaprak bitlerine özgü gibi görünen belirli özellikleri vardır. **Konstitütif heterokromatin, çoğunlukla veya hatta yalnızca X kromozomları üzerinde yoğunlaşma eğilimindedir.** Nükleolar organize edici bölgelerde de hemen hemen değişmez bir şekilde **X kromozomları üzerinde subtelomerik bir pozisyonda bulunmaktadır** ve muhtemelen bu lokasyondaki yüksek mitotik rekombinasyon insidansından dolayı, her telomerde kümelenmiş farklı sayıda rDNA geni ile genellikle heteromorfizm gösterir.
- Yaprak biti sitogenetiğinin bu özelliklerinin, araştırma odağını ve sonuçların yorumlanmasını büyük ölçüde etkileyebileceklerinden, yaprak biti genomu çalışmalarının dikkate alınması gelecekteki çalışmalar açısından önemlidir (Manicardi vd., 2015).

Holosentrik kromozom parçalarının mitotik olarak kararlı olduğu deneysel olarak kanıtlanmıştır. Kromozomların holosentrik doğası ve partenogenezele üremeleri, onları sitogenetik olarak çalışılması gereken ilginç bir grup haline getirmektedir (Potan ve

Gautam, 2019). Kromozomal varyasyonlar yaprak bitlerinde konak bitki ve farklı coğrafi koşullara bağlı olarak da ortaya çıkabilmektedir (Sharma ve Gautam, 2019).

Bu çalışmada, farklı konak bitkileri tercih eden ve kromozom sayıları 8 ila 12 arasında değişen altı türün karyotipleri değerlendirilmiştir. *A.spiraecola* ($2n=10$), *B.helichrysi* ($2n=12$), *M.rosae* ($2n=10$) karyotip verileri önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir. (Dutta, 1993; Kapoor ve Gautam, 1994; Samkari vd., 2010; Sharma ve Gautam, 2019; Potan ve Gautam, 2019; Blackman ve Eastop, 2023). *P.persicae*'nin kromozom sayısı Blackman ve Eastop (2023) tarafından $2n=20$ olarak belirtilmesine rağmen, bu çalışma sonucunda $2n=12$ olarak bulunmuştur. *C.curvipes* ve *A.ilka*'nın karyotip verileri sırasıyla $2n=10$ ve $2n=8+X$ olarak ilk kez bu çalışmada verilmiştir. Türkiye'nin coğrafi konumu ve sahip olduğu farklı iklim kuşakları göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde dağılışı gösteren yaprak biti kromozomal varyasyonlarının da oldukça çeşitlilik göstereceği düşünülmektedir. Bu bağlamda daha kapsamlı çalışmaların gelecekte gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Blackman, R.L. and Eastop, V.F., “Aphids of the world’s plants. An online identification and information guide”, <http://www.aphidsonworldsplants.info>, 20 Kasım 2023.

Blackman, R.L., “Chromosome numbers in the Aphididae ve their taxonomic significance”, *Systematic Entomology*, 5(1), 7-25, 1980.

Blackman, R.L., Eastop, V.F., Frazer, B.D. and Raworth, D.A., “The strawberry aphid complex, *Chaetosiphon* (*Pentatrichopus*) spp. (Hemiptera: Aphididae): taxonomic significance of variations in karyotype, chaetotaxy and morphology”, *Bulletin of Entomological Research*, 77(2), 201-21, 1987.

Brown, P.A. and Blackman, R.L., “Karyotype variation in the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), species complex (Hemiptera: Aphididae) in relation to host-plant ve morphology”, *Bulletin of Entomological Research*, 78(2), 351-363. 1988.

de Resende, K.F.M., “Karyotype evolution: concepts and applications”, *Chromosome structure and aberrations*, 181-200, 2017.

Dedryver, Gallie, L., Gauthier. and Simon, “Life cycle of the cereal aphid *Sitobion avenae* F.: polymorphism and comparison of life history traits associated with sexuality”, *Ecological Entomology*, 23(2), 123-132, 1998.

Dhatwalia, N. and Gautam, D.C., “Cytogenetic Studies on Willow Aphids”, *Cytologia*, 74(2), 125-131, 2009.

Dutta, J. and Gautam, D.C., “Chromosomes of aphid fauna from North-western Himalayas, India”, *Cytologia*, 58(4), 367-375, 1993.

Dutta, M., Negi, K.S. and Bandyopadhyay, M., “Novel cytogenetic resources of wild *Allium* (Amaryllidaceae) from India”, *The Nucleus*, 58, 15-21, 2015.

Escudero, M., Márquez-Corro, J.I. and Hipp, A.L., “The phylogenetic origins and evolutionary history of holocentric chromosomes”, *Systematic Botany*, 41(3), 580-585, 2016.

Giannini, S., Bizzaro, D., Mverlioli, M. and Manicardi, G.C., “Cytogenetic analysis on the holocentric chromosomes of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*”, *Caryologia*, 56(2), 143-147, 2003.

Görür, G., Şenol, Ö., Akyıldırım Beğen, H. and Akyürek, B., “Turkish aphid”, www.turkishaphid.com, 20 Kasım 2023.

Hill, J., Rastas, P., Hornett, E.A., Neethiraj, R., Clark, N., Morehouse, N., ... and Wheat, C.W., “Unprecedented reorganization of holocentric chromosomes provides insights into the enigma of lepidopteran chromosome evolution”, *Science advances*, 5(6), eaau3648, 2019.

Howe, M., McDonald, K.L., Albertson, D.G. and Meyer, B.J., “HIM-10 is required for kinetochore structure and function on *Caenorhabditis elegans* holocentric chromosomes”, *The Journal of cell biology*, 153(6), 1227-1238, 2001.

Kapoor, L. and Gautam, D.C., “Karyotypic studies on aphids from Himachal Pradesh (north-western Himalayas), India”, *Cytologia*, 59(2), 159-164, 1994.

Kumari, M., Kumari, S. And Yadav, M., “Karyotypic Studies on Four Aphid Species of Some Common Plant From Kangra”, *Himachal Pradesh. Bulletin of Pure & Applied Sciences-Zoology*, 41(1), 101-105, 2022.

Lukhtanov, V.A., Dincă, V., Friberg, M., Šíchová, J., Olofsson, M., Vila, R., ... and Wiklund, C., “Versatility of multivalent orientation, inverted meiosis, and rescued fitness in holocentric chromosomal hybrids”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(41), E9610-E9619, 2018.

Mandrioli, M. and Carlo Manicardi, G., “Unlocking holocentric chromosomes: new perspectives from comparative and functional genomics?”, *Current Genomics*, 13(5), 343-349, 2012.

Mandrioli, M. and Manicardi, G.C., “Analysis of insect holocentric chromosomes by atomic force microscopy”, *Hereditas*, 138(2), 129-132, 2003.

Mandrioli, M. and Manicardi, G.C., “Holocentric chromosomes”, *PLoS Genetics*, 16(7), e1008918, 2020.

Manicardi, G.C., Bizzaro, D., Galli, E. and Bianchi, U., “Heterochromatin heterogeneity in the holocentric X chromatin of *Megoura viciae* (Homoptera, Aphididae)”, *Genome*, 39(2), 465-470, 1996.

Manicardi, G.C., Nardelli, A. and Mandrioli, M., “Fast chromosomal evolution and karyotype instability: recurrent chromosomal rearrangements in the peach potato aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)”, *Biological Journal of the Linnean Society*, 116(3), 519-529, 2015.

Martin, J.H., “The identification of common aphid pests of tropical agriculture”, *Trop. Pest Manag.*, 29(4), 395-411, 1983.

Mavrodiev, E.V., Chester, M., Suárez-Santiago, V.N., Visger, C.J., Rodriguez, R., Susanna, A. and Soltis, D.E., “Multiple origins and chromosomal novelty in the allotetraploid *Tragopogon castellanus* (Asteraceae)”, *New Phytologist*, 206(3), 1172–1183, 2015.

Melters, D.P., Paliulis, L.V., Korf, I.F. and Chan, S.W., “Holocentric chromosomes: convergent evolution, meiotic adaptations, and genomic analysis”, *Chromosome Research*, 20, 579-593, 2012.

Monti, V., Lombardo, G., Loxdale, H.D., Manicardi, G.C. and Mandrioli, M., “Continuous occurrence of intra-individual chromosome rearrangements in the peach

potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae)”, *Genetica*, 140, 93-103, 2012.

Monti, V., Manicardi, G.C. and Mveroli, M., “Cytogenetic ve molecular analysis of the holocentric chromosomes of the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878)”, *Comparative Cytogenetics*, 5(3), 163, 2011.

Rivi, M., Monti, V., Mazzoni, E., Cassanelli, S., Panini, M., Bizzaro, D., ... and Manicardi, G.C., “Karyotype variations in Italian populations of the peach-potato aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)”, *Bulletin of Entomological Research*, 102(6), 663-671, 2012.

Samkaria, R., Bala, J. and Gautam, D.C., “Karyotype studies on some commonly occurring aphid species”, *The Nucleus*, 53(1), 55-59, 2010.

Shakoori, A.R., “Organization of Genetic Material into Chromosomes”, *Chromosome Structure and Aberrations*, 41-73, 2017.

Sharakhov, I.V. (Ed.), *Protocols for cytogenetic mapping of arthropod genomes*, **CRC Press**, 2014.

Sharma, S. and Gautam, D., “Studies on Chromosomes of Aphids From Berthin Region of Bilaspur District of Himachal Pradesh”, *The Journal of Cytology and Genetics*, 20, 73–81, 2019.

Simon, A.L., Caulfield, J.C., Hammond-Kosack, K.E., Field, L.M. and Aradottir, G.I., “Identifying aphid resistance in the ancestral wheat *Triticum monococcum* under field conditions”, *Scientific reports*, 11(1), 2021.

Srinivasan, D.G. and Brisson, J.A., “Aphids: a model for polyphenism and epigenetics”, *Genetics Research International*, 2012, 2012.

Wilson, A.C., Sunnucks, P. and Hales, D.F., “Heritable genetic variation and potential for adaptive evolution in asexual aphids (Aphidoidea)”, *Biological Journal of the Linnean Society*, 79(1), 115-135, 2003.

Zedek, F. and Bureš, P., “Evidence for centromere drive in the holocentric chromosomes of *Caenorhabditis*”, *PLoS One*, 7(1), e30496, 2012.



ÖZ GEÇMİŞ

yılında doğan Sümeyye Betül ŞAHİN ilkokul, ortaokul ve lise eğitimini yılında tamamlayarak aynı yıl önlisans bölümüne başlamıştır. yılında önlisans bölümünden mezun olarak DGS sınavıyla

eğitimine başlamıştır. Mezun olduktan hemen sonra Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. Araştırmayı, gezmeyi, öğrenmeyi çok sever.

